Journal of Agroecology
Vol. 13, No.1, Spring 2021, p. 103-115

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص ۱۱۵-۱۰۳

مقاله علمی - پژوهشی

شبیه‌سازی عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در ارقام غالب ذرت تحت شرایط محدودیت آب و تغییر اقلیم

ندا شریفی حداد[1]، رضا دیهیم‌فرد[2]*، امید نوری[3] و سجاد رحیمی مقدم[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۸

شریفی حداد، ن.، دیهیم‌فرد، ر.، نوری، ا.، و رحیمی مقدم، س.، ۱۴۰۰. شبیه‌سازی عملکرد دانه و کارایی مصرف آب در ارقام غالب ذرت تحت شرایط محدودیت آب و تغییر اقلیم. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۱): ۱۱۵-۱۰۳.

چکیده

به‌منظور شبیه‌سازی عملکرد و کارایی مصرف آب در ارقام ذرت آزمایشی تحت شرایط تغییر اقلیم و محدودیت آب در استان خوزستان (مناطق اهواز، ایذه، دزفول و بستان) طراحی شد. اقلیم آینده (۲۰۷۰-۲۰۴۰) در این مناطق با استفاده از مدل گردش عمومی Miroc5، تحت سناریوی اقلیمی RCP4.5 و روش AgMIP پیش‌بینی شد. همچنین از مدل APSIM برای شبیه‌سازی رشد و نمو گیاه ذرت در دوره گذشته (۲۰۱۰-۱۹۸۰) و آینده (۲۰۷۰-۲۰۴۰) استفاده گردید. نتایج نشان داد که به‌طور متوسط عملکرد دانه و کارایی مصرف آب ذرت در استان خوزستان در آینده نسبت به گذشته به‌ترتیب ۲- و ۵/۷- درصد کاهش و میانگین دما در طول فصل رشد و تبخیر و تعرق ۱۲/۶+ و ۰/۹+ درصد افزایش خواهد داشت. به‌علاوه نتایج نشان داد که اگر کشاورزان یک آبیاری مناسب (آبیاری ۱۰ دور) به‌کار ببرند، این موضوع باعث افزایش کارایی مصرف آب (۴۲ درصد) و کاهش تبخیر و تعرق (۳/۸ درصد) خواهد شد. این سطح بهینه آبیاری در دوره آینده به‌همراه یک رقم دیررس (سینگل کراس ۷۰۴) می‌تواند بهترین نتیجه را در استان خوزستان از نظر عملکرد دانه (۷۹۹۹/۲۶ کیلوگرم در هکتار) و کارایی مصرف آب (۱۶/۹۴ کیلوگرم بر میلی‌متر در هکتار) داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر- تعرق، رژیم آبیاری، مدل APSIM

مقدمه:

امروزه در شرایطی که رشد سریع جمعیت و توسعه اقتصادی، تقاضا برای غذا را افزایش داده است (Huang et al., 2002)، تغییر اقلیم می‌تواند بر امنیت غذایی در نقاط مختلف جهان تأثیرگذار باشد، چرا که تغییر اقلیم از طریق افزایش غلظت دی‌اکسید کربن اتمسفری، تغییرات دما و نوسان‌های بارش به‌طور مستقیم تولیدات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bannayan et al., 2003; Bannayan et al., 2005).

تغییرات آب‌وهوایی در برخی مناطق باعث خشک‌سالی و تأثیر مستقیم بر کشاورزی می‌شود، و از آنجایی که در کشاورزی آب مهم‌ترین عامل در تعیین عملکرد محصول و دستیابی به کیفیت مناسب است، این موضوع می‌تواند در مناطق حساس به تغییرات اقلیمی چشمگیر باشد. مناطق خشک و نیمه خشک از نظر سیستم‌های اکولوژیکی و منابع آب محدود هستند. یکی از مناطق گرم و خشک کشور استان خوزستان است که محصولات کشاورزی آن به‌ویژه ذرت نسبت به تغییرات اقلیمی بسیار حساس می‌باشد (-Rahimi

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.
۲- دانشیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.
۳- استادیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.
۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: deihimfard@gmail.com)
Doi:10.22067/jag.v13i1.80923

Moghaddam et al., 2018; Rahimi-Moghaddam et al., 2021). استان خوزستان دارای بیشترین سطح زیر کشت و عملکرد دانه‌ای در کشور می باشد، به‌طوری‌که ۳۷/۷ درصد سطح زیر کشت ذرت (*Zea mays* L.) دانه‌ای و ۳۴/۷۶ درصد تولید این محصول در کل کشور متعلق به این استان است (Anonymous, 2014). با این وجود، در سال‌های اخیر تغییرات اقلیمی، محدودیت منابع آبی، توزیع نامناسب بارش و عدم مدیریت صحیح منابع، باعث کاهش عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای شده است و کاهش عملکرد این محصول را در استان خوزستان در پی داشته است (Abbas Torki et al., 2011). بنابراین، معرفی راهکارهایی برای افزایش کارایی مصرف آب ذرت در این استان بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

مدیریت آبیاری (Moradi et al., 2013) و ارقام مختلف (Rahimi-Moghaddam et al., 2018)، از جمله راهکارهای سازگاری با توجه به شرایط جدید هستند. در اکوسیستم‌های کشاورزی، مصرف آب باید کاهش یابد و عملکرد دانه تا حد ممکن افزایش یابد. بهینه‌سازی مصرف آب برای محصولات و بهبود کارایی مصرف آب برای دستیابی به پایداری کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک ضروری است (Medrano et al., 2015). این امر می‌تواند از طریق صرفه‌جویی آب با استفاده از برنامه‌ریزی آبیاری مؤثر (Igbadun et al., 2006) و کاربرد ارقام با عملکرد بالا (Dong et al., 2011) تحقق یابد. برای مثال، در تحقیقی مارتین دسانتا- اولالا و همکاران (Martin de Santa Olalla et al., 2004) با کم‌آبیاری کنترل شده کارایی مصرف آب را در پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) افزایش دادند. واکریم و همکاران (Wakrim et al., 2005) در مطالعه خود بر روی گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مشاهده کردند، کارایی مصرف آب در تیمارهای کم آبیاری نسبت به تیمار با آبیاری کامل افزایش یافت. همچنین دریافتند افزایش کارایی مصرف آب در نتیجه تعرق کمتر در تیمارهای کم‌آبیاری بود. اکتم و همکاران (Oktem et al., 2003) به تأثیر اعمال کم‌آبیاری با دورهای آبیاری ۲ ، ۴ ، ۶ و ۸ روزه با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای بر گیاه ذرت پرداختند، آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بیشترین عملکرد محصول در دور آبیاری دو روز با عملکرد ۱۰/۶۶ تن در هکتار بود.

مطالعات نشان می‌دهد که روش‌های مختلفی برای بررسی تأثیرات تغییر اقلیم و بررسی ارقام مختلف و رژیم‌های مختلف آبیاری تحت شرایط تغییر اقلیم وجود دارد. با توجه به محدودیت‌های زمانی در اجرای مستقیم آزمایش‌های زراعی، یکی از راهکارهای مناسب و کم‌هزینه برای اندازه‌گیری اثرات تغییر اقلیم بر محصولات کشاورزی رهیافت مدل‌سازی و استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی است که می‌توانند منجر به صرفه‌جویی در زمان و هزینه شود (Manschadi et al., 2010). با استفاده از این مدل‌ها، می‌توان به‌جای چند سال آزمایش در مزرعه، با کمک آمارهای بلندمدت هواشناسی، رفتار گیاه را با استفاده از مدل شبیه‌سازی کرد (Soltani & Hoogenboom, 2007). با توجه به اینکه تغییرات اقلیمی بر مصرف آب و کارایی مصرف آب در ذرت تأثیر بسزایی داشته و همچنین اهمیت استان خوزستان در تولید ذرت دانه‌ای در کشور و قرارگیری این استان در یک اقلیم خشک و نیمه‌خشک و گرم، این تحقیق در راستای بررسی عملکرد و کارایی مصرف آب ارقام غالب ذرت دانه‌ای تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری به‌منظور بهینه سازی مصرف آب و کارایی مصرف آن انجام شده است.

مواد و روش‌ها

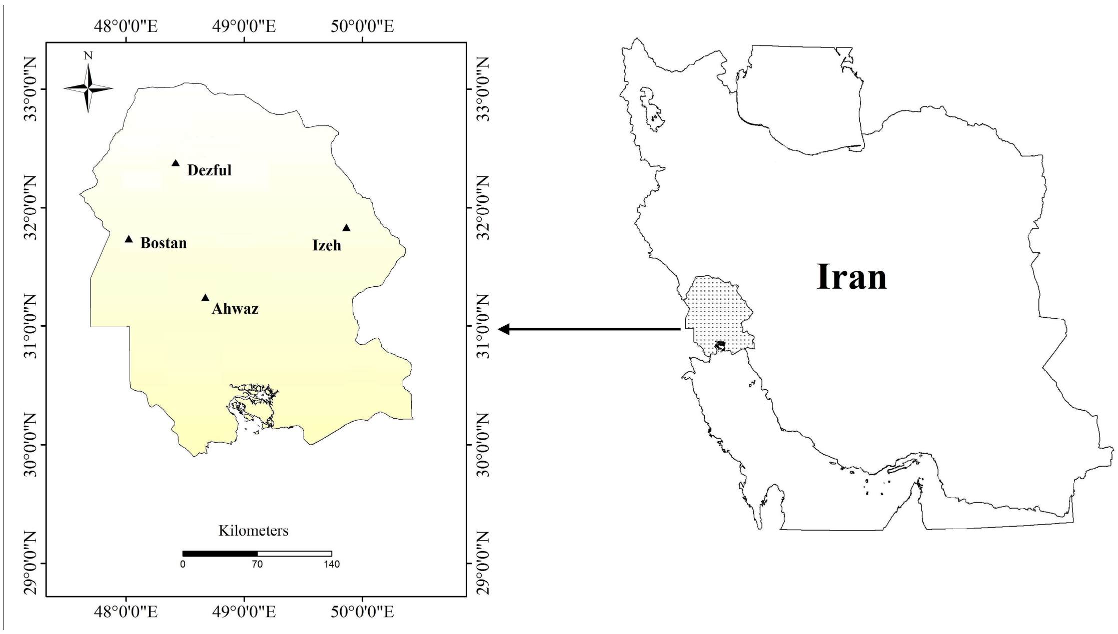
منطقه مطالعه شده

این مطالعه در چهار شهرستان استان خوزستان شامل دزفول، ایذه، بستان و اهواز انجام شد (شکل ۱). استان خوزستان در جنوب غرب ایران بین طول‌های جغرافیایی ۳۲َ °۴۷ تا ۳۹َ °۵۰ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۵۷َ °۲۹ تا ۰۰َ °۳۳ شمالی واقع شده است. این استان با مساحتی برابر ۶۳۲۱۳ کیلومترمربع، دارای آب‌وهوای نیمه‌صحرایی که میزان گرمای متوسط سالیانه آن از ۱۸ درجه سانتی‌گراد تجاوز می‌کند و دارای تابستان‌های خشک و هوای مه‌آلود است. استان خوزستان از لحاظ آب‌وهوایی به سه دسته سردسیری، گرم و خشک و معتدل تقسیم می‌شود. این استان به‌مساحتی برابر ۶۳۲۱۳ کیلومترمربع، دارای آب‌وهوای استان خوزستان از نوع آب‌وهوای نیمه‌صحرایی نواحی کم‌عرض جغرافیایی است که میزان گرمای متوسط سالیانه آن از ۱۸ درجه‌سانتی‌گراد تجاوز می‌کند و دارای تابستان‌های خشک و هوای مه‌آلود است. استان مذکور از لحاظ آب وهوایی به سه دسته سردسیری، گرم و خشک و معتدل تقسیم می‌شود.

داده‌های اقلیمی و پیش‌بینی شرایط اقلیمی آینده

در این تحقیق ابتدا داده‌های بلندمدت اقلیمی شهرستان‌های مورد

مطالعه از ایستگاه‌های هواشناسی جمع‌آوری شد. این داده‌ها شامل حداقل و حداکثر دمای روزانه (درجه سانتی گراد)، بارش (میلی‌متر) و تابش خورشیدی (مگاژول بر مترمربع در روز) از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ بودند. داده‌های مذکور با استفاده از روش بازسازی داده‌های هواشناسی که در برنامه WeatherMan معرفی شده اصلاح شدند (Hoogenboom et al., 2003). مبنای بازسازی داده‌های هواشناسی بر اساس میانگین و واریانس داده‌های هواشناسی می‌باشد. همچنین برای اندازه‌گیری تابش در مناطق مختلف از ساعات آفتابی و رابطه خطی آنگستروم (Prescott, 1940) استفاده شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان خوزستان و شهرستان‌های مورد مطالعه

Fig. 1–The geographical position of Khuzestan province

به‌منظور شبیه‌سازی رشد و عملکرد ذرت در شرایط تغییر اقلیم آینده در استان خوزستان، ابتدا دوره اقلیمی آینده (۲۰۴۰– ۲۰۷۰) در این استان با مدل گردش عمومی Miroc5[1] تحت سناریوی اقلیمی RCP4.5[2] پیش بینی شد. طبق مطالعات انجام شده مدل اقلیمی Miroc5 بیشترین دقت را در باز تولید داده‌های اقلیمی استان خوزستان در دوره آینده دارد (Rahimi-Moghaddam et al., 2018; Dashtbozorgi et al., 2015). سناریوی اقلیمی آینده بر اساس داده‌های اقلیمی دوره پایه (شامل درجه حرارت کمینه و بیشینه، بارندگی و تابش خورشید) تحلیل شد. سناریوی اقلیمی در این تحقیق با استفاده از روش سناریوی دلتا در مدل‌های گردش عمومی CMIP5[3] و با ابزارهای تولید سناریوهای اقلیمی (کدهای نوشته شده به زبان R) که توسط AgMIP[4] ارائه شده است، تولید شدند (Wilby et al., 2004; AgMIP, 2013 a,b; Ruane et al., 2013; Araya et al., 2015; Rahimi-Moghaddam et al., 2018). این روش تولید سناریو اقلیمی، با استفاده از داده‌های بلندمدت اقلیمی و بر پایه تغییرات مطلق در دماها و تغییرات نسبی در بارندگی استوار است (Wilby et al., 2004; Ruane et al., 2013; Rahimi-Moghaddam et al., 2018). برای این کار از یک بسته نرم‌افزاری که توسط گروه تحقیقاتی AgMIP به زبان برنامه‌نویسی R ارائه شده است، استفاده شد. داده‌های اقلیمی در دوره پایه برای میانگین دما و

1- Model for Interdisciplinary Research On Climate
2- Representative Concentration Pathway
3- Coupled Model Intercomparison Project Phase 5
4- The Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project

بارندگی تجمعی در طول فصل رشد و تغییرات آن‌ها در دوره آینده برای تیمارها و مناطق مختلف در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشند.

جدول ۱- میانگین دما و بارندگی تجمعی در طول دوره رشد ذرت بر ای دوره پایه و آینده در رقم دیررس SC704 و زودرس SC260 در دور آبیاری‌های به‌ترتیب ۱۰، ۱۲ و ۱۴ بار در فصل کشت تابستان

Table 1- The mean temperature and cumulative rainfall during the growing season of maize for baseline and future periods in late- (SC704) and early-maturity (SC260) cultivars and irrigation treatments (IR10, IR12, and IR14 are 10-, 12-, and 14-time irrigation per crop season) in summer sowing season

منطقه Location	رقم Cultivar	دور آبیاری Irrigation	بارندگی تجمعی در طول فصل رشد در دوره پایه و درصد تغییرات در دوره آینده Cumulative rainfall during the growth season in baseline period and percentage of changes in the future period		میانگین دما در طول فصل رشد در دوره پایه و افزایش آن در دوره آینده Mean temperature during the growth season baseline period and its increase in the future period	
			دوره پایه Baseline (mm)	RCP4.5 (%)	دوره پایه Baseline (˚C)	RCP4.5 (˚C)
اهواز Ahwaz	SC260	IR10	55.38	+34.07	27.9	+2.17
		IR12	56.25	+25.63	27.9	+2.2
		IR14	56.25	+25.63	27.9	+2.2
	SC704	IR10	149.81	-6.61	23.3	+2.6
		IR12	149.81	-6.61	23.3	+2.6
		IR14	149.81	-6.61	23.3	+2.6
بستان Bostan	SC260	IR10	63.86	-19.15	25.2	+2.5
		IR12	59.72	-10.38	25.2	+2.6
		IR14	59.72	-10.38	25.2	+2.6
	SC704	IR10	147.12	-16.89	21.1	+2.7
		IR12	146.62	-18.50	21.1	+2.7
		IR14	146.62	-18.50	21.1	+2.7
دزفول Dezful	SC260	IR10	109.99	+5.84	25.6	+2.5
		IR12	106.93	+13.23	25.6	+2.4
		IR14	106.93	+13.23	25.6	+2.46
	SC704	IR10	277.86	-8.59	21.3	+2.8
		IR12	277.86	-7.60	21.3	+2.9
		IR14	277.86	-7.60	21.3	+2.9
ایذه Izeh	SC260	IR10	180.60	-32.97	22.04	+3.66
		IR12	180.20	-33.37	22.06	+3.64
		IR14	180.20	-33.37	22.06	+3.64
	SC704	IR10	482.03	-34.41	17.8	+3.5
		IR12	476.77	-33.94	17.9	+3.4
		IR14	476.77	-33.94	17.9	+3.4

مدل زراعی ذرت، تیمارها و آزمایش‌های شبیه‌سازی

خروجی مدل‌های اقلیمی که تحت سناریوهای مختلف انتشار و برای دو دوره‌ی پایه و آینده به‌دست آمد، پس از آماده‌سازی (آماده‌سازی شامل تبدیل فایل‌های آب‌وهوایی از قالب اکسل به فایل‌های آب‌وهوایی در قالب مدل زراعی و برآورد ضرایب میانگین دمای سالانه محیط[5] و نوسان سالانه میانگین دمای ماهانه[6] بود) به‌عنوان ورودی در مدل‌های شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاهان زراعی استفاده شد. در این تحقیق برای پیش‌بینی عملکرد دانه ذرت و ارزیابی اثرات بالقوه‌ی تغییر اقلیم بر آن از مدل APSIM[7] در شرایط محدودیت آب استفاده شد (Keating et al., 2003). این مدل توسط محققین استرالیایی طراحی شده است و از قدرت بالایی برای شبیه‌سازی رشد و عملکرد گیاهان زراعی برخوردار است. این مدل، رشد و نمو گیاه را به‌صورت روزانه شبیه‌سازی می‌کند و به عوامل مختلف از جمله

1- Annual average ambient temperature

2- Annual amplitude in mean monthly temperature

3- The Agricultural Production Systems sIMulator

آب وهوا (دما، بارش و تابش)، خاک (آب خاک و نیتروژن خاک)، ضرایب ژنتیکی و به اطلاعات مدیریتی گیاه زراعی وابسته است.

در این تحقیق اثرات بالقوه تغییر اقلیم در استان خوزستان بر دو رقم ذرت تحت رژیم‌های مختلف آبیاری مورد مطالعه قرار گرفت. ارقام شامل سینگل کراس ۷۰۴ (دیررس)، و سینگل کراس ۲۰۶ (زودرس) که دارای بیشترین سطح زیر کشت در بین گروه رسیدگی خود در استان خوزستان می‌باشند. مدل APSIM پیش‌تر برای دو رقم مذکور توسط رحیمی‌مقدم و همکاران هم در شرایط پتانسیل (Rahimi-Moghaddam et al., 2018) و هم در شرایط محدودیت آب (Rahimi-Moghaddam et al., 2019) ارزیابی شده است که نتایج نشان‌دهنده دقت بالای این مدل در شبیه‌سازی رقم‌های سینگل کراس ۷۰۴ و ۲۶۰ در شرایط متفاوت مدیریتی و آب‌وهوایی بوده است. بنابراین، در تحقیق حاضر از مدل آماده و ارزیابی شده استفاده گردید. همچنین تیمارهای دور آبیاری شامل سه سطح، آبیاری مرسوم توسط کشاورزان منطقه (۱۲ مرتبه در هر فصل کشت)، دور آبیاری کمتر از آبیاری مرسوم (۱۰ مرتبه در هر فصل کشت) و دور آبیاری بیشتر از آبیاری مرسوم (۱۴ مرتبه در هر فصل کشت) بودند. در مجموع، آزمایش‌های بلندمدت شبیه‌سازی از دو رقم (سینگل کراس ۲۶۰ و ۷۰۴)، سه دور آبیاری (۱۰،۱۲ و ۱۴ دور)، چهار منطقه (اهواز، ایذه، بستان و دزفول)، یک دوره پایه و یک دوره آینده (تحت یک سناریوی اقلیمی RCP4.5) در ۳۱ سال تشکیل شدند که در مجموع، شامل ۱۴۸۸ آزمایش شبیه‌سازی بودند. در این تحقیق، تاریخ کاشت (۲۴ مرداد) و تراکم بهینه ارقام مختلف بر اساس یک مطالعه شبیه-سازی که پیش‌تر توسط نویسندگان (Rahimi-Moghaddam et al., 2018) انجام شده است، در نظر گرفته شد. در این مطالعه برای تمامی تجزیه‌های آماری و رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Origin Pro (Seifert, 2014) استفاده شد.

نتایج و بحث

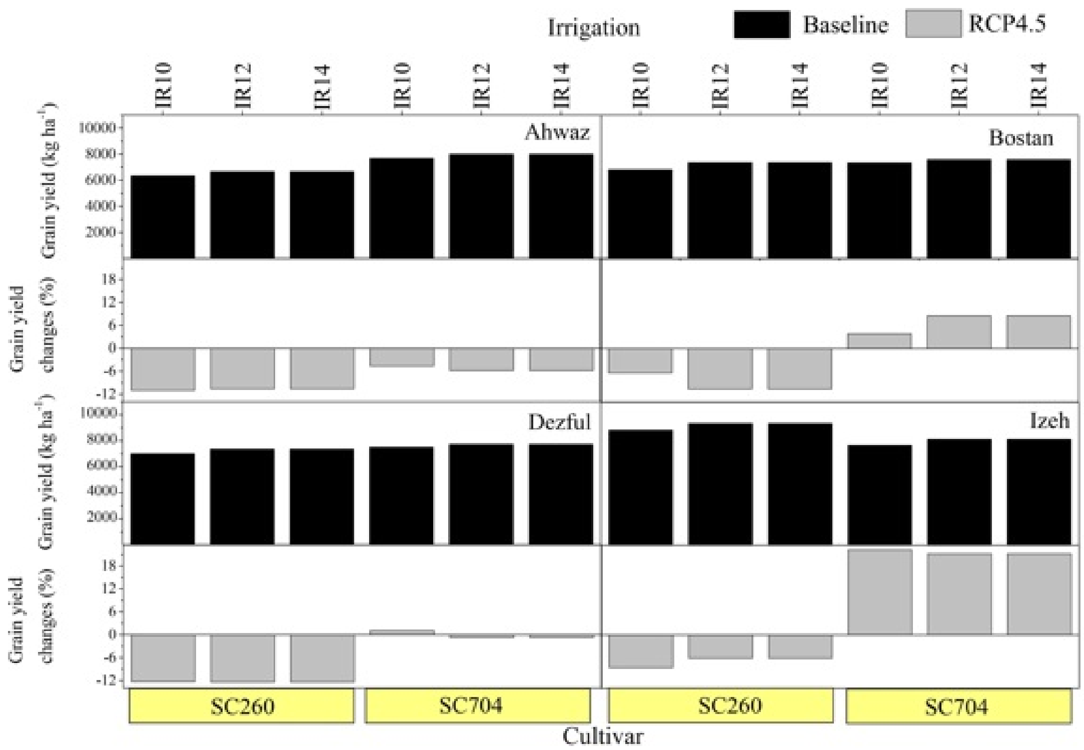
تغییرات میانگین دما در طول فصل رشد

نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین دما در یک دوره ۳۰ ساله شبیه‌سازی در طول فصل رشد ذرت در استان خوزستان در دوره پایه ۲۳/۰۷درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۱). همان‌طور که در جدول ۱ دیده می‌شود، در سطوح مختلف آبیاری در همه مناطق در سطح هر رقم اختلاف قابل توجهی از نظر میانگین دما در طول فصل رشد ایجاد نشد. با این وجود، اختلاف میانگین دما در طول فصل رشد در سطح دو رقم بالا بود و مقدار این صفت در تمامی مناطق و رژیم‌های آبیاری، در سطح رقم سینگل کراس ۷۰۴ به‌مقدار ۴/۲۹ درجه سانتی‌گراد کمتر از سینگل کراس ۲۶۰ بود. این صفت به‌شدت تحت تأثیر منطقه بود، به‌طوری‌که کمترین (۱۹/۹۸ درجه سانتی گراد) و بیشترین (۲۵/۶۳ درجه سانتی‌گراد) مقدار آن در مناطق ایذه و اهواز به‌دست آمد. همچنین کمترین مقدار میانگین دما در طول فصل رشد در تیمار شهرستان ایذه و رقم سینگل ۷۰۴ (۱۷/۹ درجه سانتی‌گراد) به‌دست آمد (جدول ۱).

در آینده به‌طور متوسط میانگین دما در طول فصل رشد نسبت به دوره پایه به‌میزان ۱۲/۶۵ درصد افزایش داشت. در این بین شهرستان اهواز در رقم سینگل کراس ۷۰۴ و آبیاری ۱۰ دور (۷/۴۶ درصد) کمترین تغییر را داشت. همچنین در سراسر رژیم‌های آبیاری و دوره آینده، بیشینه افزایش دما در شهرستان ایذه و رقم سینگل کراس ۷۰۴ (۱۹/۳۶درصد) و کمینه افزایش در شهرستان اهواز و رقم سینگل کراس۷۰۴ (۱۱/۴۳ درصد) به‌دست آمد (جدول ۱). همان‌طور که پیش‌تر بیان شد در دوره پایه رقم سینگل کراس ۷۰۴ دارای میانگین دمای کمتری نسبت به رقم سینگل کراس ۲۶۰ است. این موضوع نشان می‌دهد که رقم دیررس (سینگل کراس ۷۰۴) با طول دوره رشدی بیشتر نسبت به رقم زودرس (سینگل کراس ۲۶۰)، رشد خود را در دماهای پایین بعد از فصل تابستان ادامه می‌دهد و بخش قابل توجهی از رشد خود را در دماهای پایین‌تر (نسبت به رقم زودرس) تکمیل می‌کند. در تحقیقی توسط رحیمی‌مقدم و همکاران (Rahimi-Moghaddam et al., 2018) نشان داده شد که میانگین دما در طول فصل رشد رقم دیررس ذرت در کشت تابستانه در شرایط پتانسیل رشدی نسبت به رقم زودرس کمتر می‌باشد. افزایش دما در مناطق مختلف نیز متفاوت بود و ایذه به‌عنوان خنک‌ترین منطقه بیشترین افزایش دما را در طول فصل رشد را به‌میزان ۳/۲۸ درجه سانتی گراد دارا بود. به‌طور کلی، افزایش درجه حرارت تحت شرایط تغییر اقلیم در مناطق سرد نسبت به مناطق گرم بیشتر می‌باشد و این مناطق از نظر تغییرات اقلیمی بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند (IPCC, 2014). تحقیقات مختلف نشان‌دهنده تفاوت افزایش دما در مناطق مختلف می‌باشد (Rahimi-Moghaddam et al., 2018; Karandish et al., 2017; Eyni Nargeseh et al., 2016).

عملکرد دانه

میانگین عملکرد ذرت در دوره پایه ۷۶۶۱/۲ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲). عملکرد براساس رقم و رژیم آبیاری از ۶۳۴۸/۲۲ تا ۹۳۶۷/۰۴ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. در دوره پایه به‌ترتیب رقم سینگل کراس ۲۶۰ و آبیاری ۱۴ دور با ۹۳۶۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشت (شکل ۲). در سراسر استان خوزستان رقم سینگل کراس ۷۰۴ همراه با آبیاری ۱۴ دور با ۹۸۸۵ کیلوگرم در هکتار بهترین کارکرد را داشت. با این وجود و با در نظر گرفتن منطقه، بهترین کارایی در اثر متقابل شهرستان ایذه و رقم سینگل کراس ۲۶۰ با ۱۴ دور آبیاری به‌مقدار ۹۳۶۷/۰۴۶ کیلوگرم در هکتار ثبت شد (شکل ۲).



شکل ۲- عملکرد دانه ذرت بر ای دوره پایه و آینده در ارقام دیررس SC704 و زودرس SC260 در تیمارهای آبیاری‌های (۱۰، ۱۲ و ۱۴ بار در طول دوره رشد گیاه) در فصل کشت تابستان

Fig. 2- Grain yield of maize for baseline and future periods in late- (SC704) and early-maturity (SC260) cultivars and in irrigation treatments (IR10, IR12, and IR14 are 10-, 12-, and 14-time irrigation during the period of crop growth) in summer sowing season

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که به‌طور متوسط عملکرد دانه ذرت در استان خوزستان در سال ۲۰۵۰ نسبت به دوره پایه دو درصد کاهش می‌یابد. امّا در بعضی مناطق در دوره آینده شاهد افزایش عملکرد بودیم. برای نمونه شهرستان ایذه در دوره آینده مقدار ۷/۳۵ درصد افزایش عملکرد را نشان داد که این افزایش مربوط به رقم سینگل کراس ۷۰۴ بود. به‌عنوان مثال ایذه در دوره آینده ۷/۳۵ درصد افزایش عملکرد نشان داد و این افزایش عملکرد مربوط به رقم سینگل کراس ۷۰۴ بود. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص می‌باشد، افزایش و کاهش عملکرد دانه در دوره ۲۰۵۰ در تمام تیمارهای مختلف آبیاری، رقم و منطقه متفاوت بود. این موضوع باعث شد که بالاترین عملکرد دانه در دوره آینده در یک اثر متقابل متفاوت، نسبت به دوره پایه در شهرستان ایذه رقم سینگل کراس ۷۰۴ با دور آبیاری ۱۴ دور به‌مقدار ۹۸۸۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۲). همچنین کمترین مقدار عملکرد دانه در تیمار اهواز × سینگل کراس

۲۶۰ × آبیاری ۱۰ دور با مقدار ۵۶۴۷ کیلوگرم در هکتار ثبت گردید (شکل ۲). با این وجود، در تمامی مناطق بهترین تیمار از نظر مقدار عملکرد دانه رقم سینگل کراس ۷۰۴ همراه با آبیاری ۱۴ دور به‌میزان ۸۱۰۹/۹ کیلوگرم در هکتار بود. تغییرات در عملکرد دانه می‌تواند بسته به میانگین دما در طول فصل رشد ذرت متفاوت باشد. به‌طوری‌که تغییر اقلیم از طریق افزایش درجه حرارت و محدود کردن طول فصل رشد می‌تواند در مناطق گرم باعث اثرات منفی بر رشد و عملکرد گیاه زراعی شود و در نقطه مقابل، در مناطق خنک افزایش درجه حرارت باعث بهبود شرایط دمایی برای رشد گیاه زراعی شود (Meza et al., 2008; Monzon et al., 2007). همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می شود، میانگین دما در طول فصل رشد ذرت در شهرستان ایذه در رقم سینگل کراس ۷۰۴ در دوره پایه کمتر از رقم سینگل کراس ۲۶۰ می‌باشد. این موضوع باعث کاهش عملکرد رقم سینگل کراس ۷۰۴ با توجه به محدودیت فصل رشد و خنکی هوا در دوره پایه می‌شود. محدودیت فصل رشد باعث کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و کاهش عملکرد می‌شود (Boote, 2011). این در حالی است که در همین منطقه در دوره آینده با توجه به گرم شدن منطقه به‌علت تغییرات اقلیمی و افزایش میانگین دما در طول فصل رشد (۱۷/۷+)، باعث مهیا شدن شرایط برای رشد ارقام دیررس می‌شود که این رقم با توجه به طول دوره رسیدگی بیشتر دارای عملکرد دانه بالاتری است و شرایط برای رشد رقم سینگل کراس ۷۰۴ فراهم می‌شود (جدول ۱ و شکل ۲). به‌طور میانگین در سراسر استان، تیمار آبیاری ۱۴ دور و رقم سینگل کراس ۷۰۴ هم در دوره پایه و هم در آینده بهترین کارکرد را داشت. اثر تنش رطوبتی بر کاهش عملکرد گیاهان زراعی در بسیاری از منابع علمی گزارش شده است (Darbandi-Izadi, 2012) و در واقع، با افزایش دور آبیاری (۱۴ مرتبه در هر فصل کشت) تنش رطوبتی کمتری به گیاه زراعی وارد می‌شود، این موضوع باعث افزایش کارایی آبیاری ۱۴ دور نسبت به آبیاری ۱۰ و ۱۲ دور شده است. این سطح آبیاری به‌همراه رقم دیررس می‌تواند شرایط بهینه‌ای را برای عملکرد بیشتر به‌وجود آورد. در واقع، در شرایط رطوبتی و هوایی بهینه، کشت یک رقم دیررس با طول دوره رسیدگی بالا نسبت به یک رقم با طول رسیدگی کم می‌تواند عملکرد دانه را افزایش دهد. بسیاری از مطالعات نیز نشان‌دهنده این موضوع و تولید عملکرد دانه بیشتر در اراقام دیررس نسبت به ارقام زودرس می‌باشند (Rahimi-Moghaddam et al., 2018; Liu et al., 2013).

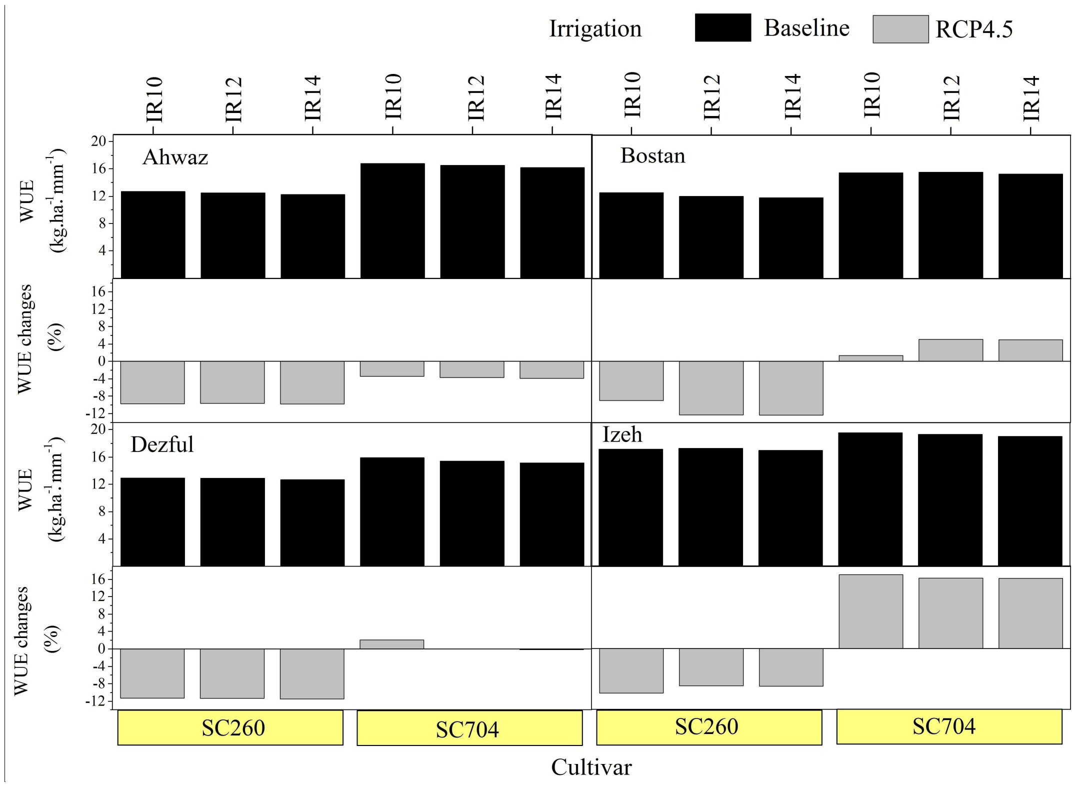
کارایی مصرف آب و تبخیر و تعرق

نتایج این تحقیق نشان داد در دوره پایه، رقم سینگل کراس ۷۰۴ در تمامی رژیم‌های آبیاری دارای کارایی مصرف آب بالاتری نسبت به رقم سینگل کراس ۲۶۰ بود. همچنین در تمامی ارقام و مناطق، آبیاری ۱۰ دور با ۱۵/۸۳ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر نسبت به بقیه رژیم‌های آبیاری دارای برتری بود. در بین تمامی تیمارهای آزمایش، بالاترین کارایی مصرف آب با مقدار ۱۹/۵۷ کیلوگرم بر میلی‌متر در هکتار در شهرستان ایذه، رقم سینگل کراس ۷۰۴ و آبیاری ۱۰ دور به‌دست آمد. همچنین تیمار شهرستان بستان × رقم سینگل کراس ۲۶۰ × آبیاری ۱۴ (۱۳/۵ کیلوگرم بر میلی‌متر در هکتار) کمترین کارکرد را از این لحاظ به خود اختصاص داد (شکل ۳).

در دوره آینده به‌طور کلی، در تمامی مناطق، ارقام و رژیم‌های آبیاری، کارایی مصرف آب نسبت به گذشته به‌مقدار ۵/۷ درصد کاهش می‌یابد (شکل ۳). با این حال، درصد کاهش و افزایش در ارقام و رژیم‌های مختلف آبیاری و مناطق یکسان نبوده، به‌طوری‌که در ارقام مختلف، رژیم‌های آبیاری و مناطق تحت مطالعه به‌طور میانگین به‌ترتیب اختلاف ۱۴/۶، ۰/۲۳ و ۱۰/۳ درصد ایجاد شد (شکل ۳). با این وجود، در دوره آینده تحت تیمارهای خاصی (به‌عنوان مثال شهرستان ایذه رقم سینگل کراس ۷۰۴ با آبیاری ۱۰ دور) کارایی مصرف آب افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که در این دوره در شهرستان ایذه رقم سینگل کراس ۷۰۴ با آبیاری ۱۰ دور بیشترین مقدار کارایی مصرف آب را داشت و نسبت به گذشته کارایی مصرف آب را ۱۷/۰۳ درصد افزایش یافت. همچنین تیمار شهرستان بستان × رقم سینگل کراس ۲۶۰ × آبیاری ۱۴ دور که کارایی مناسبی در دوره پایه نداشت، در دوره آینده نیز کمترین کارایی مصرف آب را داشت و تحت این تیمار کارایی مصرف آب به‌مقدار ۱۲/۳۱ درصد کاهش پیدا کرد (شکل ۳). با این وجود، در سراسر استان خوزستان بهترین تیمار از نظر کارایی مصرف آب تیمار رقم سینگل کراس۷۰۴ همراه با آبیاری۱۰ دور (۱۶/۹۴ کیلوگرم بر میلی‌متر در هکتار) بود (شکل ۳).

به‌طور میانگین کشت ذرت در استان خوزستان در حال حاضر تبخیر و تعرقی معادل ۴۹۱/۴۷ میلی‌متر دارد که با توجه به منطقه و رقم و آبیاری متفاوت می‌باشد (شکل ۴). در این بین، در تمامی رژیم‌های آبیاری و مناطق، تبخیر تعرق در رقم سینگل کراس ۷۰۴ نسبت به سینگل کراس ۲۶۰ به‌مقدار ۱۰ میلی متر کمتر بود.

همچنین به‌طور میانگین در سراسر استان خوزستان و ارقام مقدار تبخیر تعرق در رژیم آبیاری ۱۰ دور (۴۶۸/۸ میلی‌متر) نسبت به دو رژیم دیگر (۴۹۸/۷ و ۵۰۶/۸ میلی‌متر به‌ترتیب در رژیم‌های آبیاری ۱۲ و ۱۴ دور) کمتر بود (شکل ۴).



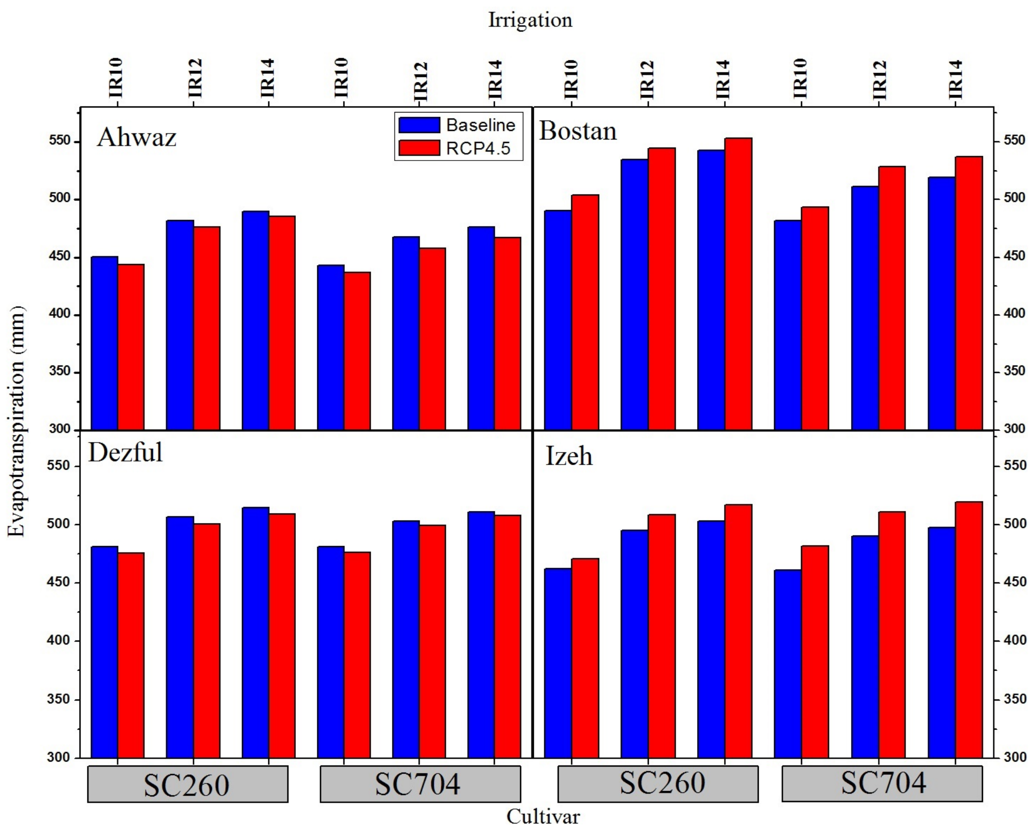
شکل ۳- تأثیر تیمار آبیاری و رقم بر کارایی مصرف آب ذرت برای دوره پایه و تغییرات آن در آینده در ارقام دیررس SC704 و زودرس SC260 و در تیمارهای آبیاری‌های (۱۰، ۱۲ و ۱٤ بار در طول دوره رشد گیاه) در فصل کشت تابستان

Fig. 3- The effect of irrigation and cultivar treatments on maize water use efficiency for baseline period and its changes in the future period in late- (SC704) and early-maturity (SC260) cultivars and in (IR10, IR12, and IR14 are 10-, 12-, and 14-time irrigation during the period of crop growth) in summer sowing season

به‌طور میانگین در دوره آینده مقدار تبخیر و تعرق نسبت به گذشته ۰/۹ درصد افزایش یافت. با این وجود، مقدار تبخیر و تعرق در مناطق مختلف دارای تغییرات متفاوت بود، به‌طوری‌که مقدار تبخیر تعرق در دوره آینده نسبت به دوره پایه در شهرستان بستان (۱۱/۰۶ درصد) و ایذه (۹/۹۱ درصد) افزایش و در شهرستان اهواز و دزفول (به‌ترتیب ۴/۱ و ۲/۸ درصد) کاهش یافته است (شکل ۴). این تغییرات با توجه به تیمارهای آبیاری و ارقام مختلف متفاوت بود. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، سطح آبیاری ۱۰ دور به‌طور میانگین در هر دو رقم، نسبت به دو سطح آبیاری دیگر مقدار تبخیر تعرق را به‌طور میانگین در دو شهرستان ایذه و بستان بیشتر کاهش یافته است (۲/۸، ۳ و ۳/۱ درصد به‌ترتیب در رژیم‌های آبیاری ۱۰، ۱۲ و ۱۴ دور). همچنین مقدار افزایش تبخیر و تعرق در این رژیم آبیاری نسبت به دو رژیم دیگر به‌طور میانگین در دو شهرستان اهواز و ایذه و دو رقم مختلف کمتر بود (شکل ۴). در تمامی مناطق استان خوزستان در دوره آینده، رژیم آبیاری ۱۰ دور در کنار رقم سینگل کراس ۷۰۴ کمترین مقدار تبخیر و تعرق (۴۳۷/۰۴ میلی‌متر) را داشت.

به‌طور کلی، کارایی مصرف آب در دوره آینده می‌تواند از طریق افزایش دما و افزایش تبخیر تعرق کاهش یابد (Kirkegaard et al., 2007). در تحقیقی بر روی تأثیرات تغییر اقلیم بر شاخص‌های بهره‌وری آب و عملکرد ذرت دیم و آبی در جنوب شرق استرالیا نشان

داده شد که تغییرات اقلیمی باعث افزایش دما و به‌موازات آن مقدار تبخیر تعرق ۳۴ درصد افزایش می‌یابد (Kang et al., 2015). از طرف دیگر، کاهش کارایی مصرف آب می‌تواند به‌علت کاهش عملکرد دانه ایجاد شود. بسیاری از مطالعات (Rahimi-Moghaddam et al., 2018; Rahimi-Moghaddam & Azizi, 2017) نشان‌دهنده تأثیر منفی تغییر اقلیم بر عملکرد دانه گیاه ذرت است. به‌طور کلی، نتایج مشخص کرد که اگرچه در استان خوزستان تغییر اقلیم اثرات منفی بر روی عملکرد دانه و کارایی مصرف آب دارد، ولی با انتخاب یک دور بهینه آبیاری و رقم مناسب می‌توان تأثیرات منفی تغییر اقلیم بر عملکرد دانه، کارایی مصرف آب و مقدار تبخیر تعرق را کاهش داد. در حال حاضر در استان خوزستان کشاورزان در طول فصل رشد ذرت ۱۲ مرتبه آبیاری انجام می‌دهند. نتایج مشخص کرد که اگر در شرایط حال حاضر (یعنی دوره پایه) و دوره آینده ۱۰ مرتبه آبیاری در طول فصل رشد ذرت انجام شود، کارایی مصرف آب افزایش و مقدار تبخیر و تعرق کاهش می‌یابد. بنابراین، این موضوع می‌تواند به کاهش هدررفت آب و افزایش پایداری کمک کند. این رژیم آبیاری (۱۰ مرتبه آبیاری در طول فصل رشد ذرت) می‌تواند در کنار یک رقم با عملکرد بالا بسیار مؤثر باشد، به‌طوری‌که یک رقم دیررس با طول دوره رشد بالا و عملکرد بیشتر (Liu et al., 2013) می‌تواند به افزایش کارایی مصرف آب بیشتر کمک کند.



شکل ٤- مقدار تبخیر و تعرق واقعی ذرت بر ای دوره پایه و آینده در رقم دیررس SC704 و زودرس SC260 و در تیمارهای آبیاری (۱۰، ۱۲ و ۱٤ بار در طول دوره رشد گیاه) در فصل کشت تابستان هر فصل کشت

Fig. 4- The actual evapotranspiration of maize for baseline and future periods in late- (SC704) and early-maturity (SC260) cultivars and in irrigation treatments (IR10, IR12, and IR14 are 10-, 12-, and 14-time irrigation during the period of crop growth) in summer sowing season

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان‌دهنده تـأثیرات منفـی تغییـر اقلیم بر روی عملکرد دانه، میانگین دما در طول فصـل رشـد، مقـدار تبخیر تعرق و کارایی مصرف آب ذرت در استان خوزستان بود. نتایج نشان داد که به‌طور متوسط در سراسر همه تیمارهای آبیاری و ارقـام عملکرد دانه، کارایی مصرف آب ذرت در اسـتان خوزسـتان در سـال ۲۰۵۰ نسبت به دوره پایه تحت سناریوی RCP4.5 بـه‌ترتیـب ۲- و ۵/۷- کاهش و میانگین دما در طول فصـل رشـد و تبخیـر و تعـرق ۱۲/۶+ و ۰/۹+ افزایش داشت (شکل ۳ و جدول ۱). نتایج نشان دادند که با کاربرد یک مقدار بهینه رژیم آبیاری (آبیاری ۱۰ دور) افزایشی در کارایی مصرف آب و کاهشی در مقدار تبخیر و تعرق ایجاد می‌شـود. این مقدار بهینه علاوه‌بر موارد فوق یک عملکرد دانه قابل قبول تولید کرد. با این وجود، این سطح آبیاری بهینه همراه با یک رقم دیـررس بهترین کارایی را از خود نشان می‌دهد، به‌طوری‌که در سـطح اسـتان خوزستان بهترین کارکرد از لحاظ عملکرد دانه و کارایی مصـرف آب در تیمار رقم سینگل کراس ۷۰۴ × آبیاری ۱۰ به‌دست آمد.

References

Abbas Torki, T., Mojaddam, M., and Abadouz, G.R., 2011. Study of water stress on morphological characters of corn (*Zea mays* L.) hybrids in south Khouzestan condition. In First National Conference on Climate Change and its Impact on Agriculture and the Environment, Urmia, Iran, 24 July 2011, p. 1836-1842. (In Persian with English Summary)

Anonymous, 2014. Agricultural statistics. Iranian Ministry of Agriculture Jihad. Department of Planning and Economically. Center of Information and Communication Technology. Iran. p. 158. (In Persian)

Bannayan, M., Crout, N.M.J., and Hoogenboom, G., 2003. Application of the CERES-wheat model for within–season prediction of wheat yield in United Kingdom. Agronomy Journal 95: 114–125.

Bannayan, M., Kobayashi, K., Kim, H.Y., Lieffering, M., Okada, M., and Miura, S., 2005. Modeling the interactive effects of atmospheric CO_2 and N on rice growth and yield. Field Crops Research 93: 237-251.

Boote, K.J., 2011. Crop adaptation to climate change. In: S.S. Yadav, R.J. Redden, J.L. Hatfield, H. Lotze-Campen and A.E. Hall (Eds.). Improving soybean cultivars for adaptation to climate change and climate variability: Wiley-Blackwell Press. p. 370-395.

Dashtbozorgi, A., Alijani, B., Jafarpur, Z., and Shakiba, A., 2015. Simulatiing extreme temperature indicators based on RCP scenarios: the case of Khuzestan Province. Geography and Environmental Hazards 4: 105–123 (In Persian with Englosh Summary)

Dong, B., Shi, L., Shi, C., Qiao, Y., Liu, M., and Zhang, Z., 2011. Grain yield and water use efficiency of two types of winter wheat cultivars under different water regimes. Agricultural Water Management 99: 103-110.

Dupuis, I., and Dumas, C., 1990. Influence of temperature stress on *in vitro* fertilisation and heat shock protein synthesis in maize (*Zea mays* L.) reproductive tissues. Plant Physiology 94: 665–670.

Eyni Nargeseh, H., Deihimfard, R., Soufizadeh, S., Haghighat, M., and Nouri, O., 2016. Predicting the impacts of climate change on irrigated wheat yield in Fars province using APSIM model. Electronic Journal of Crop Production 8(4): 203-224. (In Persian with English Summary)

Huang, J.K., Pray, C., and Rozelle, S., 2002. Enhancing the crops to feed the poor. Nature 48: 678–684.

Igbadun, H.E., Mahoo, H.F., Tarimo, A.K., and Salim, B.A., 2006. Crop water productivity of an irrigated maize crop in Mkoji sub-catchment of the Great Ruaha River Basin. Tanzania. Agricultural Water Management 85: 141-150.

IPCC, 2014. Climate Change: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.)). IPCC. Geneva, Switzerland. p. 151.

Izadi Darbandi, E., 2012. Evolution of drought stress and nitrogen rate on redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and corn (*Zea mays*) competition. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 94: 68-74. (In Persian with English Summary)

Kang, Y., Khan, S., and Ma, X., 2015. Analysing climate change impacts on water productivity of cropping systems in the Murray Darling Basin, Australia. Irrigation and Drainag 64: 443-453.

Karandish, F., Kalanaki, M., and Saberali, S.F., 2017. Projected impacts of global warming on cropping calendar and

water requirement of maize in a humid climate. Archives of Agronomy and Soil Science 63(1): 1-13.

Kirkegaard, J.A., Lilley, J.M., Howe, G.N., and Graham, J.M., 2007. Impact of subsoil water use on wheat yield. Crop and Pasture Science 58: 303–315.

Liu, Z., Hubbard, K.G., Lin, X., and Yang, X., 2013. Negative effects of climate warming on maize yield are reversed by the changing of sowing date and cultivar selection in Northeast China. Global Change Biology 19: 3481-3492.

Maa, L., Ahujaa, L.R., Islamb, A., Trout C.T.J., Saseendrand, S.A., and Malone, R.W., 2017. Modeling yield and biomass responses of maize cultivars to climate change under full and deficit irrigation. Agricultural Water Management 180: 88–98.

Manschadi, A.M., Soufizadeh, S., and Deihimfard, R., 2010. The role and importance of simulation modeling in improving crop production in Iran. In: Proceedings of 11th Iranian Crop Science Congress, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, 24 July 2010, p. 234-247. (In Persian with English Summary)

Martin de Santa Olalla, F., Dominguez-Padilla, A., and Lopez, R., 2004. Production and quality of the onion crop (*Allium cepa*) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. Agricultural Water Management 68: 77-89.

Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Flexas, J., Hernández, E., Rosselló, J., Pou, A., J. Escalona, M., and Bota, J., 2015. From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: limitations of leaf WUE as a selection target. The Crop Journal 3: 220-228.

Meza, F.J., Silva, D., and Vigil, H., 2008. Climate change impacts on irrigated maize in Mediterranean climates: evaluation of double cropping as an emerging adaptation alternative. Agricultural Systems 98: 21–30.

Moradi, R., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Mansoory, H., 2013. Adaptation strategies for maize cultivation under climate change in Iran: Irrigation and planting data management. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 18: 265-284.

Oktem, A., Simsek, M., and Oktem, G., 2003. Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays* saccharata Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region: I. Water-yield relationship. Agricultural Water Management 61: 63-74.

Rahimi Moghaddam, S., and Azizi, K., 2017. Early sowing date as a strategy for improvement of maize yield and maize physiological and phonological characteristics in climate change conditions at Kermanshah Province. Electronic Journal of Crop Production 10(40): 129-147. (In Persian with English Summary)

Rahimi-Moghaddam, S., Kambouzia, J., and Deihimfard, R., 2018. Adaptation strategies to lessen negative impact of climate change on grain maize under hot climatic conditions: A model-based assessment. Agricultural and Forest Meteorology 253: 1-14.

Rahimi-Moghaddam, S., Kambouzia, J., and Deihimfard, R., 2019. Optimal genotype × environment × management as a strategy to increase grain maize productivity and water use efficiency in water-limited environments and rising temperature. Ecological Indicators 107: 105570.

Rahimi-Moghaddam, S., Eyni-Nargeseh, H., Ahmadi, S.A.K., and Azizi, K., 2021. Towards withholding irrigation regimes and drought-resistant genotypes as strategies to increase canola production in drought-prone environments: A modeling approach. Agricultural Water Management 243: 106487.

Sabziparvar, A.A., and Tabari, H., 2010. Regional estimation of reference evapotranspiration in arid and semi-arid regions. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 136(10): 724–731.

Seifert, E., 2014. OriginPro 9.1: Scientific data analysis and graphing software—software review. Journal of Chemical Information and Modeling 54: 1552–1552.

Soltani, A., and Hoogenboom, G., 2007. Assessing crop management options with crop simulation models based on generated weather data. Field Crops Research 103: 198- 207.

Wakrim, R., Aganchich, B., Tahi, H., Serraj, R., and Wahbi, S., 2005. Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agriculture, Ecosystems and Environment 106: 275-287.

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.1, Spring 2021, p. 103-115

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص ۱۱۵-۱۰۳

Simulating Grain Yield and Water Use Efficiency in Dominant Maize Cultivars under Water Limited a Climate Change Conditions

N. Sharifi-Haddad[1], R. Deihimfard[2*], O. Noori[3] and S. Rahimi-Moghaddam[4]
Submitted: 25-05-2019
Accepted: 09-11-2019

Sharifi-Haddad, N., Deihimfard, R., Noori, O., and Rahimi-Moghaddam, S., 2021. Simulating grain yield and water use efficiency in dominant maize cultivars under water limited and climate change conditions. Journal of Agroecology 13(1):103-115.

Introduction

Today, rapid population growth and economic development have increased demand for food, and climate change has affected food security worldwide. Climate change processes, including increasing the atmospheric carbon dioxide concentration, rising temperature, and fluctuation of precipitation, could directly affect agricultural products. Climate change also causes drought, which indirectly influences agricultural systems as water is the most important for grain yield and its quality. Arid and semi-arid regions are limited in terms of water resources and they are the most fragile regions faced with drought caused by climate change. Khuzestan province is one of the hot and arid regions in Iran which its agricultural crops (especially maize) are very sensitive to climate change. Irrigation schedules and various cultivars can be considered as the adaptation strategies according to the climate change conditions. In agricultural ecosystems, water consumption should be reduced, and grain yield should be increased as much as possible. Optimizing water consumption by improving water use efficiency (WUE) is essential for achieving agricultural sustainability in arid and semi-arid regions. Accordingly, modelling approach has been considered as a time-saving and low-cost way to study the effects of climate change and different treatments. The current study was conducted to investigate the effects of different irrigation management practices on maize grain yield and WUE under climate change conditions in order to optimize water consumption and WUE by using modeling approach.

Material and Methods

The current study was carried out in several locations of Khuzestan province, including Dezful, Izeh, Bostan, and Ahwaz. The long-term climatic data of the studied locations were collected from the Iran Meteorological Organization. These data included minimum and maximum temperatures (°C), rainfall (mm), and solar radiation (MJ m^{-2}) from 1980 to 2010. Angstrom equation was used for calculating the radiation based on sunshine hours. The climatic data were modified using WeatherMan software embedded in the DSSAT package. The future climate of Khuzestan province (2040-2070) was predicted by the MIROC5 general circulation model under the RCP4.5 climate scenario and using AgMIP methodology. According to the previous studies, the MIROC5 climatic model showed the highest accuracy in predicting the future climatic data of Khuzestan province. Two adaptation strategies, including cultivar and irrigation regime, were considered to mitigate the negative effects of climate change. The cultivars consisted of SC704 (late-maturity) and SC206 (mid-maturity), which had the highest area under cultivation

1- M.Sc. Student, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University G.C., Tehran, Iran
2-Associate Professor. Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3-Assistant Professor, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
4- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plants Breeding, Faculty of Agricultural, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
(*- Corresponding Author Email: deihimfard@gmail.com)
Doi:10.22067/jag.v13i1.80923

in Khuzestan province. Irrigation regimes included three levels: 12-time irrigation (as farmers' common practice), 10–time irrigation, and 14-time irrigation per growing season.

Results and Discussion

The results of the current study indicated that climate change had negative effects on maize grain yield as well as positive effects on average temperature during the growing season, evapotranspiration, and corn water use efficiency across the whole province. The results showed that the average grain yield and corn WUE in Khuzestan province in 2050 under the RCP4.5 scenario was -2% and -5.7%, respectively, compared to the baseline. In addition, mean temperature during the growing season and evaporation and transpiration increased by +12.6% and + 0.9% compared to the baseline. The results also showed that with the application of an optimal amount of irrigation regime (10-time irrigation), an increase in WUE and decrease in evapotranspiration were observed, which resulted in acceptable grain yield. Results also portrayed that applying the optimal irrigation level (10-time) along with a late maturity cultivar (SC704) showed the best performance in terms of grain yield (9433.9 kg ha^{-1}) and WUE (19.57 kg ha^{-1} mm^{-1}) in the province Khuzestan.

Conclusion

The results illustrated that by 2050, the average grain yield and WUE were reduced compared to the baseline period. However, the mean temperature and evapotranspiration over the growing season were increased. Totally, the results of the current study revealed that an optimal irrigation level 10 and suitable cultivar SC704 could mitigate the negative impacts of climate change on maize in the agroecosystems of Khuzestan province.

Keywords: Evapotranspiration, APSIM model, Irrigation regime